

SURFACE-TREATING DEVICE

Publication number: JP8083776 (A)

Publication date: 1996-03-26

Inventor(s): NAKAGAWA KOJIN

Applicant(s): ANERUBA KK

Classification:

- International: C23C14/32; C23C16/50; C23C16/511; C23C16/52; C23F4/00; H01L21/203; H01L21/205; H01L21/302; H01L21/3065; H01L21/31; C23C14/32; C23C16/50; C23C16/52; C23F4/00; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/205; C23C14/32; C23C16/50; C23F4/00; H01L21/203; H01L21/305; H01L21/31

- European:

Application number: JP19940244688 19940913

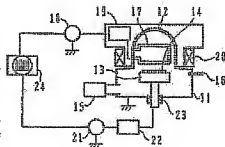
Priority number(s): JP19940244688 19940913

Also published as:

JP3424182 (B2)

Abstract of JP 8083776 (A)

PURPOSE: To make a plasma generating method in which plasma is generated by intermittently supplying electric power for discharge applicable to a wider range of processes by making the plasma generating method compatible with power biases to substrates and utilizing the feature of a low-pressure high-density plasma surface-treating device which can perform low-pressure treatment at a high speed; **CONSTITUTION:** A surface-treating device is provided with vacuum vessels 11 and 12 for treating substrate and discharge, an evacuating mechanism 15 which reduces the internal pressures of the vessels 11 and 12, a gas introducing mechanism 16 which introduces a gas for discharge to the vessels 11 and 12, mechanisms 17-19 for supplying electric power for discharge which supply electric power which is discharged in a gas so as to generate plasma, a substrate holding mechanism 13, and mechanisms 21-23 for supplying electric power for bias which give biases to the mechanism 13. The surface-treating device is also provided with a modulated signal generator 24 which gives modulated signals which make the mechanisms 17-19 and 21-23 to intermittently output electric power in the same period.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

特開平8-83776

(43)公開日 平成8年(1996)3月26日

| (51)Int.Cl. ³ | 識別記号 | 序内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|------------------------------------|------|---------|-----------------|--------|
| H 0 1 L 21/205 | | | | |
| C 2 3 C 14/32 | D | 8939-4K | | |
| 16/50 | | | | |
| C 2 3 F 4/00 | C | 9352-4K | | |
| | | | H 0 1 L 21/ 302 | A |
| 審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 9 頁) 最終頁に続く | | | | |

(21)出願番号 特願平6-244688

(22)出願日 平成6年(1994)9月13日

(71)出願人 000227294

アネルバ株式会社
東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72)発明者 中川 行人

東京都府中市四谷5丁目8番1号 日電ア
ネルバ株式会社内

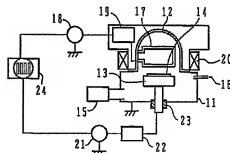
(74)代理人 弁理士 田宮 寛社

(54)【発明の名称】 表面処理装置

(57)【要約】

【目的】 放電用電力の間欠的供給によるプラズマ発生法と、基板への電力バイアスを同立させ、低圧力で高速処理が可能な低圧力高密度プラズマ表面処理装置の特徴を生かし、より広い範囲のプロセスに適用できるようにする。

【構成】 基板処理用と放電用の真空容器11、12と、真空容器を減圧する排気機構15と、真空容器内に放電用ガスを導入するガス導入機構16と、ガスを放電させプラズマを発生させるための電力を供給する放電用電力供給機構17～19と、基板保持機構13と、この基板保持機構にバイアスを与えるためのバイアス用電力供給機構21～23を備え、放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構の各々の出力電力を同一周期で間欠的に出力させる変調信号を各電力供給機構に与える変調信号発生器24を設ける。



- 11: 基板処理用真空容器
- 12: 放電用真空容器
- 13: 電極
- 14: アンテナ
- 15: 排気機構
- 16: ガス導入管
- 17: プラズマ源
- 18: 高周波電源
- 19: 整合回路
- 20: 電磁石コイル
- 21: 高周波電源
- 22: 整合回路
- 23: 矩形波発生器

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器と、この真空容器内に減圧状態にする排気機構と、前記真空容器内に放電用ガスを導入するガス導入機構と、前記ガスを放電させプラズマを発生させるための電力を供給する放電用電力供給機構と、基板保持機構と、この基板保持機構にバイアスを与えるためのバイアス用電力供給機構を備える表面処理装置において、

前記放電用電力供給機構と前記バイアス用電力供給機構の各々の出力電力を同一周期で間欠的に出力させる変調信号を発生する変調信号発生器を設けたことを特徴とする表面処理装置。

【請求項2】 請求項1記載の表面処理装置において、前記変調信号発生器は単一であって、前記変調信号発生器から出力される前記変調信号が前記放電用電力供給機構と前記バイアス用電力供給機構に与えられることを特徴とする表面処理装置。

【請求項3】 請求項1記載の表面処理装置において、前記変調信号発生器は、前記放電用電力供給機構に変調信号を与える第1の変調信号発生器と、前記バイアス用電力供給機構に変調信号を与える第2の変調信号発生器とからなり、前記第2の変調信号発生器から出力される前記変調信号は前記基板保持機構のインピーダンスが低い一定状態に保持される期間に対応して生成されることを特徴とする表面処理装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載の表面処理装置において、前記放電用電力供給機構と前記バイアス用電力供給機構の各電源は高周波電源であることを特徴とする表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は表面処理装置に関し、特に、直流、高周波、マイクロ波等の供給電力による放電で発生したプラズマを利用して基板の表面処理を行うもので、半導体デバイス製作工程で例えばドライエッチング装置やプラズマCVD装置として利用される表面処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の表面処理装置の一例として、半導体デバイス製作工程の一つであるドライエッチングに利用される表面処理装置について説明する。

【0003】 ドライエッチングは半導体デバイス製作に不可欠である配線パターン形成工程で用いられる。ドライエッチングでは、ハロゲンを含むガスを主成分とした混合ガスを放電によってプラズマ化し、これによって発生した各種活性種（例えば原子状酸素、原子状フッ素、フッ素炭素化合物およびそれらのイオン等）を基板表面の薄膜と反応させ、電子デバイスの構造上不要な薄膜部分を除去する。

【0004】 上記ドライエッチングに使用される表面処

2

理装置の例として、マイクロ波と磁界の相互作用による電子のサイクロトロン共鳴現象を利用したECR（電子サイクロトロン共鳴）型表面処理装置や、ランダウ減衰を利用したヘリコン波型表面処理装置等が知られている。これらの表面処理装置は、現在、低圧力高密度プラズマ表面処理装置としてその応用が研究されている。

【0005】 ここで、上記の低圧力高密度プラズマ表面処理装置の一例として、ドライエッチング装置として使用される従来のヘリコン波型表面処理装置の代表的構成例を図6を参照して説明する。

【0006】 図6において、11は基板処理用真空容器、12は石英等の誘電体を用いて形成される放電用真空容器、13は基板保持機構を兼ねた電極、14は処理される基板である。2つの真空容器11、12は真空封止構造を介して結合され、一体化される。15は真空容器11、12の内部を所要の減圧状態にする排気機構、16は真空容器11、12の内部に放電反応用ガスを供給するためのガス導入管である。17は放電用真空容器12内に放電を発生させるための高周波電力を供給してプラズマを発生させるためのアンテナ、18は高周波電源、19は整合回路である。特定形状をしたアンテナ17は放電用真空容器12の外側周囲に配置され、整合回路19から高周波電力を供給される。20は磁場発生用の電磁石コイルである。また電極13には、基板バイアス用の高周波電力を供給する機構として、バイアス用高周波電源21、バイアス用整合回路22、真空封止を兼ねた絶縁物23が付設される。

【0007】 バイアス用高周波電源21による基板バイアスによって基板14に入射するイオンのエネルギーを制御することができる。この入射イオンのエネルギー制御機構に基づき、例えばシリコン酸化膜のエッチングやアルミニウムのエッチングのように、エッチング反応を進行させるために基板に射するイオンに適切なエネルギーを与える必要があるプロセスに対する応用することもできる。

【0008】 上記ヘリコン波型表面処理装置は、従来広く用いられている平行平板型表面処理装置と比較し、低いガス圧力において高いプラズマ密度を得ることができる。この特性を生かして基板を一枚ずつ精密かつ高速にエッチング処理する枚葉型ドライエッチング装置としての応用が開始されている。

【0009】 上記ヘリコン波型表面処理装置に代表される低圧力高密度プラズマ表面処理装置の特徴は、第1に、低い放電圧力においても十分な処理速度を得ることが可能な点、第2に、放電圧力が低いためプラズマ中の電子温度が高く、従来の平行平板型表面処理装置と比較し、放電反応速度の解離が進行しやすい点である。第2の特徴は、処理速度の高速化に対して非常に有効である。

【0010】

3

【発明が解決しようとする課題】半導体デバイス製作工程の微細加工においてドライエッチングを利用する最も大きな理由は、異方性エッチング、すなわち基板表面の垂直方向へのエッチングが可能な点にある。しかしながら、1 μm 以下の微細な構造に対してドライエッチングによって垂直方向へのエッチングを行うためには、プラズマ中のイオンを被処理基板に対して垂直に入射させることが要求される。プラズマ中のイオンの直進性を良くするために最も簡単な手法は放電圧力を低くすることである。

【0011】従って、低い放電圧力で十分な処理速度が得られる低圧力高密度プラズマ表面処理装置は、ドライエッチング装置に最適であるといえる。

【0012】しかし、例えばシリコン酸化膜のエッチングを行うプロセスでは、基板上の薄膜の材質に応じて放電反応用ガスの重合膜を選択的に堆積させる必要があるため、前述したようにガスの解離が過大に進行するという特徴（第2の特徴）を有する低圧力高密度プラズマ表面処理装置を用いた場合、重合膜の堆積量が減少し、結果的にシリコンとシリコン酸化膜のエッチング速度の選択性が低下するという問題が提起される。

【0013】従って低圧力高密度プラズマ表面処理装置を用いてシリコン酸化膜のエッチングを行うためには、放電反応用ガスの解離を抑制することが必要となる。

【0014】ECRプラズマ型表面処理装置について、放電用ガスの過大な解離を抑制する技術として、従来、マイクロ波電力を間欠的に供給する方法が知られている（文献1；Proc. 2nd Int'l. Conf. on Reactive Plasma and 11th Symp. on Plasma Processing：応用物理学会主催（1994）張氏，p. 41.）。この方法によれば、プラズマ密度は、プラズマ発生用の電力供給機構の出力が供給されると急激に上り、出力の供給が停止されるとプラズマ中の電子とイオンの両極性拡散により定まる時定数によって減少するという特性を有する。

【0015】しかし、現実的には、エッチングまたはCVD等の反応プロセスに重要な役割を果たしているプラズマ中の中性活性種の増加および減少の時定数は、一般にプラズマ密度の増加および減少の時定数とは異なっている。この現象を利用してエッチングプロセスの精度を向上させることは、上記文献1に記載される。

【0016】しかしながら、前述のシリコン酸化膜のエッチングのように、基板へのバイアスの供給によるイオン入射エネルギーの制御を要求されるプロセスにこの方法を応用した場合、電極13への高周波バイアスの整合が困難となり、基板14へのイオン入射エネルギーを制御できないという欠点が生じる。この理由は、バイアス用整合回路22の出力側からみた電極13のインピーダンス（プラズマを含むインピーダンス）がプラズマ密度に対応して大きく変化するのに対し、整合回路は一般に可変コンデンサを用いているため、高周波のインピーダンス変

4

化に対応することができないことにある。

【0017】上記装置において、バイアス用整合回路22の整合状態は、プラズマ発生用電力供給機構から電力が供給されている時間、すなわちプラズマが存在している時間における電極13のプラズマを含むインピーダンスに対して行われなければならない。しかし現実の整合回路では、例えば自動整合を行う場合、自動整合回路が整合状態をインピーダンスの時間的に平均した値に合わせ込むため、バイアス用電力が供給されている時間における整合状態とは異なった整合状態となり、バイアス電力が電極13に供給される効率が極端に低下する。

【0018】また手動による整合を行う場合には、電極13に供給されるバイアス電力の電圧を測定しながら整合をとることにより、プラズマ存在時のインピーダンスに合わせた整合が可能である。しかし、このときには、プラズマが存在しない時間における整合状態とは全く異なるために、バイアス用整合回路22内の異常な発熱を引き起こし、反射波が大量に発生してバイアス用高周波電源21を破壊するという不具合が発生した。

【0019】本発明の目的は、上記の問題に鑑み、放電用電力の間欠的供給によるプラズマ発生法と、基板への電力バイアスを両立させ、低圧力で高速処理が可能となる低圧力高密度プラズマ表面処理装置の特徴を生かすかつ、より広い範囲のプロセスに適用できる表面処理装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明に係る表面処理装置は、放電用と基板処理用の真空容器と、この真空容器内を減圧状態にする排気機構と、真空容器内に放電用ガスを導入するガス導入機構と、ガスを放電させプラズマを発生させるための電力を供給する放電用電力供給機構と、基板保持機構（電極）と、この基板保持機構にバイアスを与えるためのバイアス用電力供給機構を備え、放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構の各々の出力電力を同一周期で間欠的に出力させる変調信号を発生する変調信号発生器を設けるように構成される。

【0021】前記の構成において、好ましくは、変調信号発生器は単一であって、変調信号発生器から出力される変調信号が放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構に与えられるように構成される。

【0022】前記の構成において、好ましくは、変調信号発生器は放電用電力供給機構に変調信号を与える第1の変調信号発生器とバイアス用電力供給機構に変調信号を与える第2の変調信号発生器とからなり、第2の変調信号発生器から出力される変調信号は基板保持機構のインピーダンスが低い一定状態に保持される期間に対応して生成されるように構成される。

【0023】前記の構成において、好ましくは、放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構の各電源は高周波電源である。

5

【0024】

【作用】本発明では、変調信号発生器によって放電用電力供給機構の放電用電力とバイアス用電力供給機構のバイアス用電力を同一周期で間欠的な出力に変調し、基板保持機構に与えられるバイアス用電力を、従来の連続的な電力から放電用電力と同期する間欠的な電力に変換する。放電用ガスの過大な離離を抑制する目的で放電用電力を間欠的に供給するように構成された表面処理装置では、プラズマの密度が時間的に変化しているため、基板保持機構に供給されるバイアス用電力の供給点におけるインピーダンスが時間的に変化する。従って、電極に供給されるバイアス用電力の最適な整合条件も時間的に変化する。そこで、バイアス用電力を放電用電力が供給されている時間に限りて供給する。前述したインピーダンスはバイアス用電力の供給中にはほぼ一定となり、整合状態も安定する。間欠的な放電用電力の供給によって低圧力高密度のプラズマを生成させる方式の表面処理装置で、基板に入射するイオンのエネルギーを制御するためのバイアス用電力の供給方法を改善し、バイアスの効率を格段に向上させる。

【0025】放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構のそれぞれに対して設けた同調された2つの変調信号発生器から、それぞれが出力する変調信号を、放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構に別々に与え、放電用電力で生成されるプラズマの密度の時間的な変化における立ち上がりまたは立ち下りの過渡状態を排除し、基板保持機構のインピーダンスが低い一定状態に保持される期間にバイアス用電力を供給することにより、基板保持機構のプラズマを含むインピーダンスに対して非常に精密に整合をとることができる。

【0026】

【実施例】以下に、本発明の好適実施例を添付図面に基いて説明する。

【0027】図1は本発明に係る表面処理装置の第1実施例を示す構成図である。本実施例で示す表面処理装置は、低圧力高密度プラズマ表面処理装置の一例としてのヘリコン波型表面処理装置である。図1で、図6を参照して説明した従来の表面処理装置の構成要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付している。

【0028】図1で、基板処理用の真空容器11の上に石英等の誘電体を用いて形成された放電用真空容器12が設置され、固定される。これらの2つの真空容器11、12の境界部は真空封止可能な構造が形成される。真空容器11、12の内部空間は、基板の表面処理を行うときに必要な真空状態（減圧状態）に保持され、内部に導入された放電反応用ガスを供給電力で放電させ、必要なプラズマが生成される。また真空容器11は接地電位に保持される。

【0029】真空容器11内には基板保持機構を兼ねた電極13が、その基板保持面を放電用真空容器12に向

6

けて設置される。電極13は、リング状の絶縁物23によって真空容器11から絶縁される。絶縁物23は真空容器11と電極13との間を真空封止する。この電極13の上に設置された被処理基板14に対して表面処理が行われる。

【0030】放電用真空容器12の外側周囲にはリング状の電磁石コイル20が設置される。また真空容器11には排気機構15が設けられ、真真空容器11、12の内部空間に存在するガスを排気し、真空状態を形成する。また真空容器11には、ガス導入管16とガス導入機構（図示せず）とによって所定流量のプラズマ発生ガスが導入される。図示しないコントローラで排気機構15の排気速度とガス導入機構によるガス導入流量とを調整し、これにより真空容器11、12の圧力を所定の値に設定するのが一般的である。

【0031】放電用真空容器12に対して、放電に必要な電力を供給する電力供給機構が付設される。放電用電力供給機構は高周波電源18と整合回路19とアンテナ17によって構成される。アンテナ17は、真空容器12の外側周囲に配置される。高周波電源18から発生した高周波電力はインピーダンス整合を行う整合回路19を経由してアンテナ17に供給される。アンテナ17の構造は、例えば、文献2: Journal of Vacuum Science and Technology, A10 (1992) 1389. に記述される。なお、プラズマ発生させる放電用電力供給機構については、高周波の電力供給機構の代わりにマイクロ波による電力供給機構を用いることもできる。

【0032】また基板保持機構を兼ねた電極13にはバイアス用電力供給機構が付設され、電極13に対して必要なバイアス用電力が供給される。バイアス用電力供給機構はバイアス用の高周波電源21と整合回路22とから構成される。高周波電源21から発生した高周波電力は、整合回路22を経由して電極13に供給される。なお、バイアス用電力供給機構については、高周波の電力供給機構の代わりに、直流またはマイクロ波の電力供給機構を用いることもできる。

【0033】放電用高周波電源18とバイアス用高周波電源21は、いずれも、外部から与えられる変調信号によってその出力が変調され得る回路構成を内蔵する。本実施例では、放電用高周波電源18とバイアス用高周波電源21は、矩形波発生器24から出力された矩形波を変調信号として入力し、この矩形波に基づいて変調が行われ、出力を間欠的に発生する。なお変調信号は矩形波に限定されない。

【0034】図1および図2を参照して、上記構成に有する表面処理装置の基本的な動作について説明する。図2は、各種の波形のタイミングチャートを示し、(a)は矩形波発生器24の出力電圧波形、(b)は放電用電力供給機構の出力電圧波形、(c)はプラズマ密度の変化、(d)はバイアス用整合回路22の出力側からみた

7

電極13のプラズマを含むインピーダンスの変化、

(e)はバイアス用電力供給機構の出力電圧波形を模式的に示している。図2では、例えば放電用電力供給機構の周波数を13.5MHz、バイアス用電力供給機構の周波数を40kHz、矩形波のパルス幅0.4μsec、周期を1msec、デューティを40%とした。

【0035】最初、排気機構15によって処理用真空容器11と放電用真空容器12の内部を排気し、所要の減圧状態にする。その後、ガス導入管16およびガス導入機構によって所定のガスを所定圧力になるように真空容器11、12内を導入する。この所定の圧力は、目的とする表面処理プロセスによって決定される。

【0036】次に、放電用高周波電源18によって発生された間欠的な高周波電力を整合回路19を通してアンテナ12に供給すると、放電用真空容器12の内側空間に高周波による放電が発生し、プラズマが生成される。このときのプラズマの発生状態は、アンテナ17の構造、および電磁石コイル20によって生成される磁場の強度に依存して決まる。さらに、バイアス用高周波電源21によって発生された間欠的な高周波電力をバイアス用整合回路22を通して電極13に供給する。プラズマ中のイオンは、電極13にバイアスされた高周波電力によって加速され、基板14の表面に入射する。これにより基板14に対し表面処理が行われる。

【0037】本実施例の表面処理装置では、矩形波発生器24の出力電圧によって、放電用高周波電源18とバイアス用高周波電源21の出力が間欠的に発生されるように変調する。図2に示されるように、矩形波発生器24の出力電圧波形（矩形波）31に従って放電用電力供給機構の出力電圧波形32が変調される。これによって図2(c)に示すように、放電用電力供給機構のアンテナ17から供給される電力によって発生するプラズマの密度が時間的に変化する。プラズマ密度の変化33は、放電用電力供給機構の出力電圧がアンテナ17に供給されると同時に符号33aで示すように上昇し始め、或る遅れ時間の後に定常状態33bに達する。放電用電力供給機構の出力電圧がアンテナ17に供給されなくなると、プラズマ密度は符号33cに示すように或る時定数で減少し、或る遅れ時間後にゼロ33dとなる。図2では矩形波31の周波数を1kHzとした例を示した。矩形波31の周波数は、プラズマの点滅の時定数とプラズマ中の活性種の生成消滅の時定数とに応じて最適値が異なるが、基本的な現象は矩形波の周波数によらず同じである。

【0038】このとき、バイアス用整合回路22の出力側から電極13をみた時のプラズマを含むインピーダンス34は、図2(d)に示すように、プラズマ密度の変化33に対応して大きく変化する。これは、プラズマ密度が高いときのインピーダンスが、電極13に接するプラズマの抵抗成分および電極13の表面に形成されるシ

8

ースによる容量成分によって符号34bで示されるように小さい値を示すのに対し、プラズマ密度が小さいまたはプラズマが存在しないときのインピーダンスは電極13の持つ浮遊容量のみで定まるため符号34aで示すように大きくなるからである。既に述べたように整合回路22は一般に可変コンデンサを用いているため、このような高速のインピーダンス変化に対応することができない。

【0039】そこで、矩形波発生器24を用いることによって、バイアス用電力供給機構の高周波電源21と、放電用電力供給機構の高周波電源18とを同期させ、放電用電力とバイアス用電力を間欠的に供給する構成を採用した。図2(e)には、バイアス用高周波電源21の出力電圧波形35を示す。

【0040】以上のように本実施例では、バイアス用電力供給機構の出力を、プラズマ発生用電力供給機構の出力と同期させて、すなわちプラズマ密度の変化と同期させて供給するため、バイアス用電力が供給されている時間における電極13のプラズマを含むインピーダンスはほぼ一定となる。従って、バイアス用整合回路22は、図2(d)の符号34bに対応するインピーダンスに対して整合がとれていれほしい。この状態は、自動整合または手動整合によって簡単に達成することができ、これにより従来技術での不具合がすべて解消される。

【0041】次に、図3および図4を参照して本発明の第2実施例を説明する。図3は本発明の図2実施例に係る表面処理装置の構成を示す図である。図3において、前記実施例で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付す。

【0042】本実施例の特徴的構成を説明する。本実施例では、矩形波発生器24と同一周期でデューティの異なる第2の矩形波発生器25を別に設け、この矩形波発生器25でバイアス用高周波電源21を制御し間欠的に電力を発生させる。矩形波発生器24と矩形波発生器25とは遅延回路26を介して接続される。遅延回路26を設けることにより、矩形波発生回路24、25の出力関係に関して、一方の矩形波発生器24から或る矩形パルスが出力されたとき、他方の矩形波発生器25から、上記矩形パルスの発生時から或る一定の遅延時間(τ)において同期されたデューティの異なる矩形パルスが出力される。また遅延時間(τ)は、プラズマ密度の減衰の時定数程度となるように設定されることが好ましい。本実施例の他の部分における装置の構成および動作は、前述した第1実施例の場合と同じである。

【0043】図4には第2実施例の表面処理装置の動作を示す波形図である。図4において、(a)は矩形波発生器24の出力電圧波形、(b)は放電用電力供給機構の出力電圧波形、(c)はプラズマ密度の変化、(d)はバイアス用整合回路22の出力側からみた電極13のプラズマを含むインピーダンスの変化、(e)はバイア

ス用電力供給機構の出力電圧波形、(f)は矩形波発生器25の出力電圧波形を模式的に示す。また、放電用電力供給機構の周波数は13.56MHz、バイアス用電力供給機構の周波数は40kHz、各矩形波のパルス幅0.4msec、周期を1msecとする。

【0044】プラズマを発生させるための放電用電力供給機構の出力電圧3aが間欠的に供給される場合、プラズマ密度の時間的変化(図4(c)の符号33)において立ち上がり部分33aまたは立ち下がり部分33cの過渡状態が発生する。これらの過渡状態は、図4(d)に示すように電極13のプラズマを含むインピーダンスにも反映される。従って、プラズマを含むインピーダンスに対してバイアス用整合回路22を用いて非常に精密に整合をとりたい場合、バイアス用電力供給機構に入力する矩形波を、電極13のプラズマを含むインピーダンスが低い状態に一定に保持される時間T1に限りて出力するようにすればよい。このため、矩形波発生器24の出力波形31に対して時間 τ だけ遅れる出力波形41を出力する矩形波発生器25を別に設け、矩形波発生器25の間欠出力41をバイアス用高周波電源21に与えて変調を行うように構成する。この場合、第2の矩形波発生器25から発生される矩形波の電圧が0Vとなるタイミングは、矩形波発生器24の出力電圧が0Vとなるタイミングと異なるので、2つの矩形波発生器24、25の各出力波形のデューティは異なる。

【0045】上記の第2実施例によれば、電極13にバイアス用電力を与える期間を、厳密に、電極13のインピーダンスの変化(図4(d))においてプラズマを含むインピーダンスが低い状態に一定に保持される時間T1に限るようにしたため、立ち上がり33aと立ち下がり33bの過渡状態を排除することができ、非常に精密な整合を行うことができる。

【0046】次に図5を参照して本発明の第3の実施例を説明する。本実施例における装置の構成は第1実施例の構成を前提とする。図5は、本実施例に係る表面処理装置の特徵的動作を説明するための図2と同様な各種のタイミングチャートが示される。図5の(a)~(e)は図2の(a)~(e)とそれぞれに対応している。ただし、本実施例では、矩形波発生器24により発生する矩形波の繰返し周波数を100kHz(周期が10 μ sec)とし、繰返し速度を高くした。

【0047】繰返し速度を高くする場合に、図5(c)に示すように、プラズマ密度は、放電用電力供給機構の出力電圧(図5(b)に示す)が供給されていない時間においても消滅せず、或るレベル以上の密度が維持される。ただし維持されるプラズマ密度はガスの種類や圧力等によって異なるため、図5(c)はあくまでもプラズマ状態の一例を示す。本実施例に示す放電状態では、図5(d)に示すように、電極13のプラズマを含むインピーダンスの変化は他の実施例の場合とくらべて

小さい。このように、矩形波発生器24から放電用電力供給機構に与えられる変調信号である矩形波の繰返し速度が高いときには、当該放電用電力が供給されていない時間にバイアス用電力供給機構の出力電圧を供給しても、大きな反射波が発生せず、バイアスの効率を向上できる。従って、矩形波発生器24の変調信号を利用することにより、放電用電力供給機構の放電用電力に同期したバイアス用電力をバイアス用電力供給機構から電極13に与えるのに加えて、変調されたバイアス用電力の間においても、所要のレベルのバイアス用電力を電極13に与えることができる。

【0048】上記の各実施例に示すようなバイアス用電力供給機構に対する出力制御は、矩形波発生器に一般的に備えられている機能を用いて簡単に実現できる。

【0049】上記の各実施例ではヘリコン波型表面処理装置の例を説明したが、プラズマを生成するための放電用電力を間欠的に供給しかつ基板にバイアス電力を供給する方式の表面処理装置であれば、他の放電形式を採用した装置にも応用できる。応用可能な装置としては、従来から用いられているECR型放電反応装置、三極型放電反応装置等が挙げられる。また、最近開発されている誘導結合型高密度プラズマ放電反応装置、ヘリカル/ネータ型放電反応装置等の放電反応装置に対しても応用できる。

【0050】

【発明の効果】以上の説明で明かなように本発明によれば、間欠的に供給される高周波等を放電用電力として利用して構成される表面処理装置において、従来連続波で供給されていた電極へのバイアス用電力を、変調信号発生器を利用して、上記放電用電力に同期させて間欠的に供給するように構成したため、効率よく基板にバイアスをかけることができ、ヘリコン波型表面処理装置のごとき低圧力で高速処理が可能なプラズマ表面処理装置の特徵を生かしつつ、より広い範囲のプロセスに応用することができる。

【0051】変調信号発生器を放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構で共用するようにしたため、構造が簡素かつ上記効果を容易に達成することができる。

【0052】変調信号発生器を各電力供給機構ごとに用意し、同期された2つの変調信号発生器から、それぞれが出力する変調信号を、放電用電力供給機構とバイアス用電力供給機構に別々に与え、放電用電力で生成されるプラズマの密度の時間的変化における立ち上がりまたは立ち下りの過渡状態を排除し、基板保持機構のインピーダンスが低い一定状態に保持される期間にバイアス用電力を供給するように構成したため、電極のプラズマを含むインピーダンスに対して非常に精密な整合をとることができる。

【0053】本発明は、基板へのイオン入射エネルギーを制御することが要求されるプラズマプロセスを行う表面

11

処理装置に適用すると、その効果が顕著になる。例えば金属膜やシリコン酸化膜等のドライエッチング装置では、イオンに適切な基板入射エネルギーを与えることによりエッチングの速度を向上させ、かつ加工精度を良好にすることが出来る。さらにプラズマCVDにより平坦化成膜を行う装置でも、間欠放電の特徴である微粒子の発生を抑制効果を活かしつつ、埋め込み速度の向上が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に係る表面処理装置の第1実施例を示す構成図である。

【図2】図2は、第1実施例における装置各部の出力波形状態およびプラズマ発生状態を示すタイミングチャートである。

【図3】図3は、本発明に係る表面処理装置の第2実施例を示す構成図である。

【図4】図4は、第2実施例における装置各部の出力波形状態およびプラズマ発生状態を示すタイミングチャートである。

【図5】図5は、本発明に係る表面処理装置の第3実施例

12

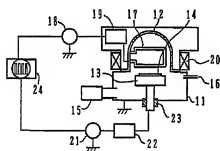
例における装置各部の出力波形状態およびプラズマ発生状態を示すタイミングチャートである。

【図6】図6は、従来のヘリコン波型表面処理装置を示す構成図である。

【符号の説明】

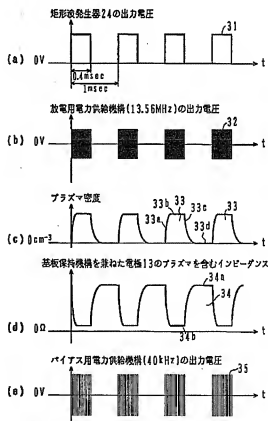
| | |
|--------|-----------|
| 11 | 基板処理用真空容器 |
| 12 | 放電用真空容器 |
| 13 | 電極 |
| 14 | 基板 |
| 15 | 排気機構 |
| 16 | ガス導入機構 |
| 17 | アンテナ |
| 18 | 高周波電源 |
| 19 | 整合回路 |
| 20 | 電磁石コイル |
| 21 | 高周波電源 |
| 22 | 整合回路 |
| 24, 25 | 矩形波発生器 |
| 26 | 遅延回路 |

【図1】

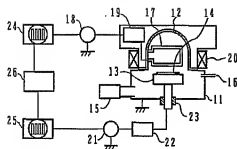


- 11: 基板処理用真空容器
- 12: 放電用真空容器
- 13: 電極
- 14: 基板
- 15: 排気機構
- 16: ガス導入管
- 17: アンテナ
- 18: 高周波電源
- 19: 整合回路
- 20: 電磁石コイル
- 21: 高周波電源
- 22: 整合回路
- 24: 矩形波発生器

【図2】

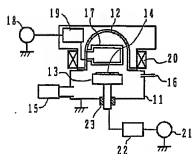


【図3】

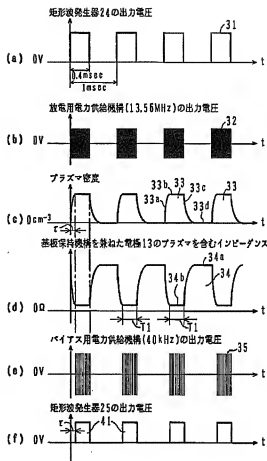


25: 矩形波発生器
26: 遅延回路

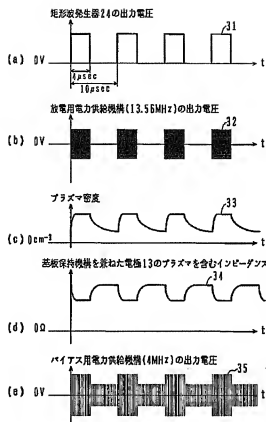
【図6】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁸

H01L 21/203

21/3065

21/31

識別記号 庁内整理番号

Z 9545-4M

C

F I

技術表示箇所